

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-185397

(P2001-185397A)

(43) 公開日 平成13年7月6日 (2001.7.6)

(51) IntCl⁷

H05G 2/00

識別記号

F I

H05G 1/00

テーマコード(参考)

K 4C092

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全5頁)

(21) 出願番号

特願平11-368809

(22) 出願日

平成11年12月27日 (1999.12.27)

(71) 出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(72) 発明者 植田 敏嗣

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河

電機株式会社内

(72) 発明者 若松 宗明

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河

電機株式会社内

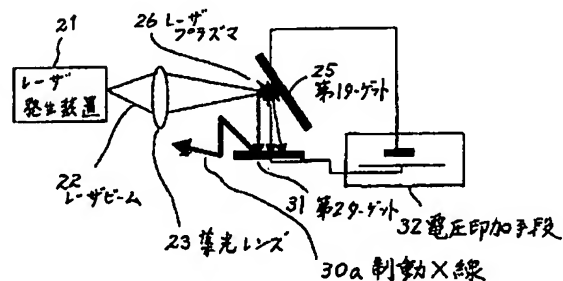
Fターム(参考) 4C092 AA06 AA14 AB21

(54) 【発明の名称】 X線発生装置

(57) 【要約】

【課題】 強力なX線を発生させることができるX線発生装置を提供する。

【解決手段】 第1ターゲットにレーザービームを集光して照射するレーザービーム照射手段と、前記第1ターゲットから電氣的に絶縁され、かつ、この第1ターゲットの近傍に配置された第2ターゲットと、前記第1、第2ターゲット間に電圧を印加する電圧印加手段からなり、前記第1ターゲットへのレーザービーム照射により発生したプラズマ中の電子を前記電圧印加手段により加速させ第2ターゲットに衝突させた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第1ターゲットにレーザビームを集光して照射するレーザビーム照射手段と、前記第1ターゲットから電氣的に絶縁され、かつ、この第1ターゲットの近傍に配置された第2ターゲットと、前記第1、第2ターゲット間に電圧を印加する電圧印加手段からなり、前記第1ターゲットへのレーザビーム照射により発生したプラズマ中の電子を前記電圧印加手段により加速させ第2ターゲットに衝突させたことを特徴とするX線発生装置。

【請求項2】第2ターゲットの表面に突起を形成したことを特徴とする請求項1記載のX線発生装置。

【請求項3】第1、第2ターゲットの少なくとも一方はロール状に巻き回されていることを特徴とする請求項1記載のX線発生装置。

【請求項4】第1ターゲットとしてガスを用いたことを特徴とする請求項1記載のX線発生装置。

【請求項5】レーザビームの光源はパルスYAGレーザであって、発生したパルスX線をレーザパルスのタイミングと同期させたことを特徴とする請求項1記載のX線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ターゲットにレーザビームを照射し、生成されたレーザプラズマからX線を発生させるX線発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図5は従来のX線発生装置を示す要部構成図である。図において、21はレーザビーム22を出射するレーザ発生装置、23はレーザビーム22を集光する集光レンズ、25はターゲット、26はレーザビーム22の照射によって生成された高温・高密度のレーザプラズマ、30はレーザプラズマ26によって発生した制動X線である。なお、ターゲット25は図示しない真空容器に収納されている。

【0003】次に図5に示す従来例の動作を説明する。図において、レーザ照射手段であるレーザ発生装置21から出射されたレーザビーム22は、集光レンズ23により集光され、ターゲット25に照射される。その結果、ターゲット25の表面では、高エネルギー密度のレーザビーム22によって高温・高密度のレーザプラズマ26が生成される。

【0004】このレーザプラズマ26からは、イオンと電子の再結合やイオン内の励起電子の基底状態への遷移等の作用によって、制動X線30が発生する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来のX線発生装置は以上のように構成されているので、電極から電子ビームを取出すため例えば最大でも数mA程度が限界である。これは電子の数としてはおよそ 6×10^{15} 個/秒の発生

に過ぎない。従ってこのようなX線発生装置では非破壊検査などに使用できるような強力なX線（例えば10～100倍）を発生させることは困難である。という課題があった。

【0006】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、強力なX線を発生させることができるX線発生装置を得ることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明に係るX線発生装置は、第1ターゲットにレーザビームを集光して照射するレーザビーム照射手段と、前記第1ターゲットから電氣的に絶縁され、かつ、この第1ターゲットの近傍に配置された第2ターゲットと、前記第1、第2ターゲット間に電圧を印加する電圧印加手段からなり、前記第1ターゲットへのレーザビーム照射により発生したプラズマ中の電子を前記電圧印加手段により加速させ第2ターゲットに衝突させたことを特徴とする。

【0008】請求項2記載の発明は、請求項1記載のX線発生装置において、第2ターゲットの表面に突起を形成したことを特徴とする。請求項3記載の発明は、請求項1記載のX線発生装置において、第1、第2ターゲットの少なくとも一方はロール状に巻き回されていることを特徴とする。

【0009】請求項4記載の発明は、請求項1記載のX線発生装置において、第1ターゲットとしてガスを用いたことを特徴とする。

【0010】請求項5記載の発明は、請求項1記載のX線発生装置において、レーザビームの光源はパルスYAGレーザであって発生したパルスX線をレーザパルスのタイミングと同期させたことを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態の一例を説明する。図1はこの発明の実施形態によるX線発生装置の一例を示す要部構成図である。図において、図5と同一要素には同一符号を付して重複する説明は省略する。

【0012】31は第1ターゲット25から電氣的に絶縁され、かつ、この第1ターゲットの近傍に配置された第2ターゲット、32は電圧印加手段であり、例えば数ボルト～数千ボルトの電圧を発生する。そして、この電圧印加手段32の負電極が第1ターゲット25に接続され、正電極が第2ターゲット31に接続されている。

【0013】ここで、印加電圧数ボルト～数千ボルトXの波長と電圧の関係について検討する。電子1個が1Vで加速された場合1eVのエネルギーを得る。Eを電子のエネルギー、 λ をX線の波長とするとこれらの間には次の関係がある。

$$E [eV] = 1.2398 \times 10^{-6} / \lambda [m] \quad \cdots \textcircled{1}$$

なので、第1、第2ターゲットに電圧をかけて電子を加速した場合、電子を加速する電圧とX線の波長の関係は

$V [V] = 1.2398 \times 10^{-4} / \lambda [m] \dots \textcircled{2}$
となる。

【0014】即ち、電圧が高いと波長は短く、電圧が低いと波長は長くなる。使用する波長を軟X線とすると、軟X線は0.1～数十nm程度なので、 $\textcircled{2}$ 式より印加する電圧は数十～数千Vとする。

【0015】次に動作について説明する。レーザ発生装置21から出射されたレーザビーム22は、集光レンズ23によって集光された後、第1ターゲット25に照射される。その結果、第1ターゲット25の表面ではX線源となる高温・高密度のレーザプラズマ26が生成される。そして、レーザプラズマ26で生成された電子は正電圧が印加された第2ターゲット31に衝突し強力なX線が発生する。

【0016】以上のように、この実施形態によれば、第1ターゲット25で発生した電子に電圧を印加して加速し、これを第2ターゲット31に衝突させるようにしたのでより強力なX線を生成することができ、例えば非破壊検査などへの利用が可能となる。

【0017】また、第2ターゲット31の表面にコーン若しくは針状の少なくとも1本の突起を形成（請求項2）すれば、電子が一点に集中し強力なX線が発生する。また、ターゲットは照射時間の経過にしたがって劣化するが、ターゲットをロール状に巻いておき（請求項3）、劣化状態を監視しながら順次照射位置をずらしていくことにより長時間にわたって強力なX線を得ることができる。

【0018】また、第1ターゲット25としては一般には金属を用いるが金属に限る必要はない。図2に示すように、レーザの照射位置に例えばArガスを流して（請求項4）レーザプラズマ（電子）26aを発生させ、この電子を電圧印加手段32を介して第2ターゲット31に衝突させてもよい。この場合はターゲットとして機能しない負電極25aを使用する。

【0019】また、レーザビームの光源をパルスYAGレーザとし、発生したパルスX線をレーザパルスのタイミングと同期させ（請求項5）れば、S/Nの良い出力を得ることができる。

【0020】図3はこのような装置の概略構成を示す図である。図において、図1と同一要素には同一符号を付している。第2ターゲット31で生成した制動X線は試料40に入射して試料の成分に対応した光が生成する。検出器41はその光が発光している時間のみゲートを開とする、分析器42はゲートを通った信号の試料成分の分析を行う。

【0021】光検出器43はパルスレーザの散乱光を検出し、そのパルス信号に同期して所定の時間だけ分析計42のゲートを開く。図4は図3に示す装置のタイミングチャートである。図(a)のパルスレーザ光の発射に同期して図(b)に示すトリガが分析器41に発信され

る。このトリガは分析器42を介し光検出器43に送出され、そのトリガにより検出器41のゲートが図(c)に示すように所定の時間開となる。

【0022】試料41からの信号には図(d)に示すようにノイズが含まれているが、分析器42には図(e)に示す検出器41のゲートが開のときの信号のみが取り込まれる。なお、レーザ発射に同期しないで検出器41を常時開としている場合、ノイズが分析器42に取り込まれ、積算されてS/Nが悪くなる。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1によれば、第1ターゲットにレーザビームを集光して照射するレーザビーム照射手段と、前記第1ターゲットから電気的に絶縁され、かつ、この第1ターゲットの近傍に配置された第2ターゲットと、前記第1、第2ターゲット間に電圧を印加する電圧印加手段からなり、前記第1ターゲットへのレーザビーム照射により発生したプラズマ中の電子を前記電圧印加手段により加速させ第2ターゲットに衝突させたので、従来例と比較して強力なX線を得ることができる。

【0024】また、請求項2の発明によれば、第2ターゲットの表面に突起を形成しているので、電子が一点に集中し強力なX線が発生する。また、請求項3の発明によれば、長時間にわたって強力なX線を得ることができる。

【0025】また、請求項4の発明によれば、ターゲットとしてガスをブレイクダウンするので負電極を損傷することなく、長時間にわたって強力なX線の発生が可能となる。また、請求項5の発明によれば、S/Nの良い出力を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の一例を示すX線発生装置の要部構成図である。

【図2】本発明の他の実施形態の一例を示すX線発生装置の要部構成図である。

【図3】本発明の他の実施形態の一例を示すX線発生装置の要部構成図である。

【図4】図3の実施形態のタイムチャートを示す図である。

【図5】従来のX線発生装置を示す要部構成図である。

【符号の説明】

- 21 レーザ発生装置
- 22 レーザビーム
- 23 集光レンズ
- 25 第1ターゲット
- 26 レーザプラズマ
- 30 制動X線
- 31 第2ターゲット
- 32 電圧印加手段
- 40 試料

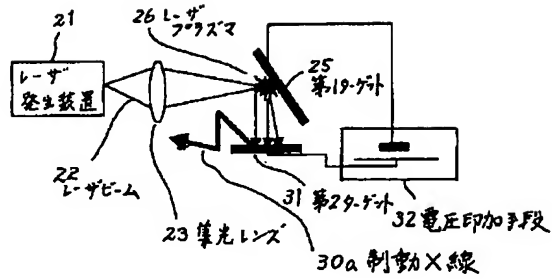
41 検出器

42 分析器

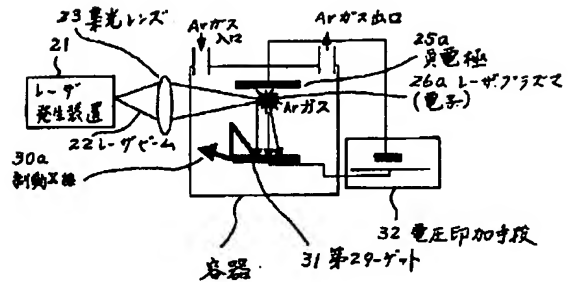
* 43 光検出器

*

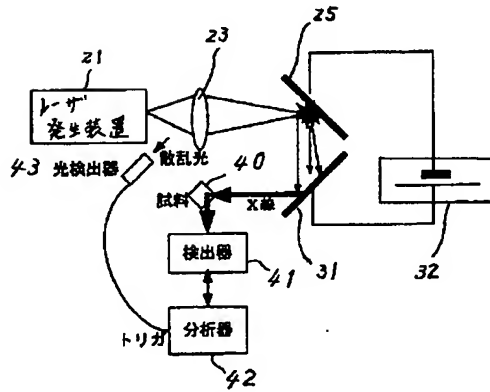
【図1】



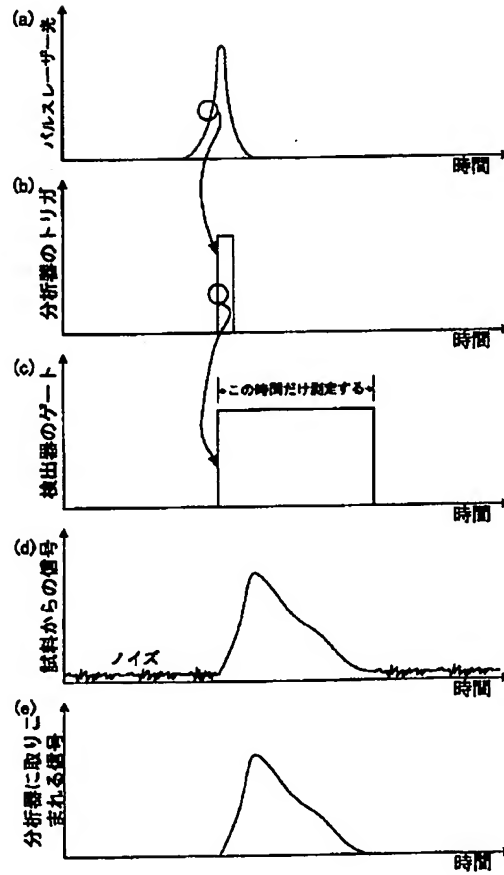
【図2】



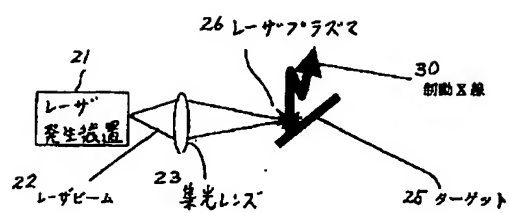
【図3】



【図4】



【図5】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-185397

(43)Date of publication of application : 06.07.2001

(51)Int.Cl. H05G 2/00

(21)Application number : 11-368809 (71)Applicant : YOKOGAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 27.12.1999 (72)Inventor : UEDA TOSHITSUGU
WAKAMATSU MUNEAKI

(54) X-RAY GENERATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an X-ray generator to produce powerful X-ray.
SOLUTION: The X-ray generator comprises a laser beam irradiation tool to condense and irradiate laser beam on the first target, the second target insulated electrically from the above first target and arranged in the vicinity of the first target and a voltage application tool to apply voltage between the first and the second targets. Electrons in the plasma generated by laser beam irradiation on the first target are accelerated with the above voltage application tool and collide against the second target.

LEGAL STATUS [Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A laser beam exposure means to condense a laser beam at the 1st target and to irradiate it, The 2nd target which was electrically insulated from said 1st target, and has been arranged near this 1st target, The X-ray generator characterized by having consisted of an electrical-potential-difference impression means to impress an electrical potential difference between said 1st and 2nd target, having accelerated the electron in the plasma generated by the laser beam exposure to said 1st target with said electrical-potential-difference impression means, and making it collide with the 2nd target.

[Claim 2] The X-ray generator according to claim 1 characterized by forming a projection in the front face of the 2nd target.

[Claim 3] At least one side of the 1st and 2nd target is an X-ray generator according to claim 1 characterized by being wound about in the shape of a roll.

[Claim 4] The X-ray generator according to claim 1 characterized by using gas as the 1st target.

[Claim 5] The light source of a laser beam is an X-ray generator according to claim 1 characterized by synchronizing with the timing of a laser pulse the pulse X-ray which is a pulse YAG laser and was generated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the X-ray generator which a laser

beam is irradiated [X-ray generator] and makes a target generate an X-ray from the generated laser plasma.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 5 is the important section block diagram showing the conventional X-ray generator. In drawing, the laser plasma of the elevated temperature and high density by which the laser generator with which 21 carries out outgoing radiation of the laser beam 22, the condenser lens with which 23 condenses a laser beam 22, and 25 were generated by the target, and 26 was generated by the exposure of a laser beam 22, and 30 are the braking X-rays generated by the laser plasma 26. In addition, the target 25 is contained by the vacuum housing which is not illustrated.

[0003] Next, actuation of the conventional example shown in drawing 5 is explained. In drawing, it is condensed with a condenser lens 23 and the laser beam 22 by which outgoing radiation was carried out from the laser generator 21 which is a laser radiation means is irradiated by the target 25. Consequently, on the front face of a target 25, the laser plasma 26 of an elevated temperature and high density is generated by the laser beam 22 of a high energy consistency.

[0004] From this laser plasma 26, braking X-ray 30 occurs according to an

operation of the transition to the ground state of the excitation electron in ion, and electronic recombination and ion etc.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since the conventional X-ray generator is constituted as mentioned above, max is [about several mA] also a limitation in order to take out an electron beam from an electrode. This is only about 6×10^{15} generating/second as the number of electronic. Therefore, it is difficult to generate the powerful X-ray (for example, ten to 100 times) which can be used for nondestructive inspection etc. in such an X-ray generator. The technical problem to say occurred.

[0006] It was made in order that this invention might solve the above technical problems, and it aims at obtaining the X-ray generator which can be made to generate a powerful X-ray.

[0007]

[Means for Solving the Problem] A laser beam exposure means for the X-ray generator concerning invention according to claim 1 to condense a laser beam at the 1st target, and to irradiate, The 2nd target which was electrically insulated from said 1st target, and has been arranged near this 1st target, It is

characterized by having consisted of an electrical-potential-difference impression means to impress an electrical potential difference between said 1st and 2nd target, having accelerated the electron in the plasma generated by the laser beam exposure to said 1st target with said electrical-potential-difference impression means, and making it collide with the 2nd target.

[0008] Invention according to claim 2 is characterized by forming a projection in the front face of the 2nd target in an X-ray generator according to claim 1.

Invention according to claim 3 is characterized by rolling about at least one side of the 1st and 2nd target in the shape of a roll in an X-ray generator according to claim 1.

[0009] Invention according to claim 4 is characterized by using gas as the 1st target in an X-ray generator according to claim 1.

[0010] As for the light source of a laser beam, invention according to claim 5 is characterized by synchronizing with the timing of a laser pulse the pulse X-ray which is a pulse YAG laser and was generated in an X-ray generator according to claim 1.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an example of the operation gestalt of

this invention is explained. Drawing 1 is the important section block diagram showing an example of the X-ray generator by the operation gestalt of this invention. In drawing, the explanation which gives the same sign to the same element as drawing 5 , and overlaps is omitted.

[0012] The 2nd target which 31 was electrically insulated from the 1st target 25, and has been arranged near this 1st target, and 32 are electrical-potential-difference impression means, for example, generate the electrical potential difference of several volts - thousands of volts. And the negative electrode of this electrical-potential-difference impression means 32 is connected to the 1st target 25, and the positive electrode is connected to the 2nd target 31.

[0013] Here, wavelength with an applied voltage [X] of several volts - thousands of volts and the relation of an electrical potential difference are considered. When one electron is accelerated by 1V, 1eV energy is obtained. When E is made into electronic energy and lambda is made into the wavelength of an X-ray, the following relation among these is.

$E[\text{eV}] = 1.2398 \times 10^{-6} / \lambda[\text{m}]$ -- The relation between the electrical potential difference which accelerates an electron when an electron is accelerated having

applied the electrical potential difference to the 1st and 2nd target, since it is **, and the wavelength of an X-ray is $V[V] = 1.2398 \times 10^{-6} / \lambda [m]$. -- It becomes **.

[0014] That is, wavelength will become long if wavelength is short when an electrical potential difference is high, and an electrical potential difference is low. Since soft X ray is 0.1 - about 10nm of numbers when wavelength to be used is made into soft X ray, the electrical potential difference impressed from ** type is set to dozens - several 1000V.

[0015] Next, actuation is explained. The laser beam 22 by which outgoing radiation was carried out from the laser generator 21 is irradiated by the 1st target 25 after being condensed with a condenser lens 23. Consequently, on the front face of the 1st target 25, the laser plasma 26 of the elevated temperature and high density used as X line source is generated. And the electron generated with the laser plasma 26 collides with the 2nd target 31 with which the forward electrical potential difference was impressed, and a powerful X-ray generates it.

[0016] As mentioned above, according to this operation gestalt, an electrical potential difference is impressed to the electron generated with the 1st target 25, and it accelerates, since it was made to make this collide with the 2nd target 31,

a more powerful X-ray can be generated, for example, the use to nondestructive inspection etc. is attained.

[0017] Moreover, if a cone or the needlelike projection of at least one is formed in the front face of the 2nd target 31 (claim 2), an electron will focus on one point and a powerful X-ray will occur. Moreover, although a target deteriorates according to progress of irradiation time, the target is rolled in the shape of a roll (claim 3), and a powerful X-ray can be obtained over a long time by shifting the sequential exposure location, supervising a degradation condition.

[0018] Moreover, if 1st target 25 is taken, although a metal is generally used, it is not necessary to restrict to a metal. For example, Ar gas is passed in the exposure location of laser, laser (claim 4) plasma (electron) 26a is generated, and this electron may be made to collide with the 2nd target 31 through the electrical-potential-difference impression means 32, as shown in drawing 2 . In this case, negative electrode 25a which does not function as a target is used.

[0019] Moreover, the light source of a laser beam can be made into a pulse YAG laser, the generated pulse X-ray can be synchronized with the timing of a laser pulse (claim 5), and **** and the good output of S/N can be obtained.

[0020] Drawing 3 is drawing showing the outline configuration of such equipment.

In drawing, the same sign is given to the same element as drawing 1 . Incidence of the braking X-ray generated with the 2nd target 31 is carried out to a sample 40, and the light corresponding to the component of a sample generates it. The analyzer 42 with which, as for a detector 41, only the time amount to which the light is emitting light makes the gate open analyzes the sample component of the signal passing through the gate.

[0021] The scattered light of a pulse laser is detected and, as for a photodetector 43, only predetermined time amount opens the gate of an analyzer 42 synchronizing with the pulse signal. Drawing 4 is the timing chart of the equipment shown in drawing 3 . The trigger shown in drawing (b) synchronizing with discharge of the pulse laser light of drawing (a) is sent to an analyzer 41. This trigger is sent out to a photodetector 43 through an analyzer 42, and as the gate of a detector 41 shows in drawing (c) by that trigger, it serves as the predetermined time amount open.

[0022] Although the noise is contained in the signal from the sample 41 as shown in drawing (d), only a signal in case the gate of the detector 41 shown in drawing (e) is open is incorporated by the analyzer 42. In addition, when the detector 41 is made normally open without synchronizing with laser discharge, a

noise is incorporated and integrated by the analyzer 42 and S/N worsens.

[0023]

[Effect of the Invention] A laser beam exposure means according to claim 1 of this invention to condense a laser beam at the 1st target and to irradiate it as explained above, The 2nd target which was electrically insulated from said 1st target, and has been arranged near this 1st target, Since it consisted of an electrical-potential-difference impression means to impress an electrical potential difference between said 1st and 2nd target, the electron in the plasma generated by the laser beam exposure to said 1st target was accelerated with said electrical-potential-difference impression means and it was made to collide with the 2nd target A powerful X-ray can be obtained as compared with the conventional example.

[0024] Moreover, according to invention of claim 2, since the projection is formed in the front face of the 2nd target, an electron focuses on one point and a powerful X-ray occurs. Moreover, according to invention of claim 3, a powerful X-ray can be obtained over a long time.

[0025] Moreover, generating of a powerful X-ray is attained over long duration, without according to invention of claim 4, damaging the negative electrode, since

breakdown of the gas is carried out as a target. Moreover, according to invention of claim 5, the good output of S/N can be obtained.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the important section block diagram of the X-ray generator in which an example of the operation gestalt of this invention is shown.

[Drawing 2] It is the important section block diagram of the X-ray generator in which an example of other operation gestalten of this invention is shown.

[Drawing 3] It is the important section block diagram of the X-ray generator in which an example of other operation gestalten of this invention is shown.

[Drawing 4] It is drawing showing the timing diagram of the operation gestalt of drawing 3.

[Drawing 5] It is the important section block diagram showing the conventional X-ray generator.

[Description of Notations]

21 Laser Generator

22 Laser Beam

23 Condenser Lens

25 1st Target

26 Laser Plasma

30 Braking X-ray

31 2nd Target

32 Electrical-Potential-Difference Impression Means

40 Sample

41 Detector

42 Analyzer

43 Photodetector

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.